Recommandations pour la planification et la conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*).

Marc Fleury et Dominic Boula

Ministère des Pêches et des Océans
Direction régionale de la gestion des écosystèmes
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

2012

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 3008

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques de Pêches et Océans Canada, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications à part entière. Le titre exact figure au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la base de données *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de Rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de Rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de Rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of Fisheries and Oceans Canada, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 3008

2012

Recommandations pour la planification et la conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*).

Marc Fleury[1] et Dominic Boula[2]

[2]Ministère des Pêches et des Océans
Direction régionale de la gestion des écosystèmes
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

[1] 394 rue Manning, Montréal, Québec H4H 1Z4

© Sa majesté la Reine du chef du Canada, 2012

N° de cat. Fs 97-6/3008F
N° de cat. Fs 97-6/3008F-PDF

ISSN 0706-6570 (version imprimée)
ISSN 1488-545X (version électronique)

On devra citer la publication comme suit :

Fleury, M. et Boula, D. 2012. Recommandations pour la planification et la conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3008 : vi + 33 p.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES III
LISTE DES FIGURES IV
LISTE DES PHOTOS V
RÉSUMÉ VI
ABSTRACT VI
1 MISE EN CONTEXTE 1
2 MÉTHODE 1
3 PERTINENCE DE RÉALISER UN AMÉNAGEMENT 2
3.1 Besoin de bonifier un habitat 2
3.2 La faisabilité et les chances de succès d'un aménagement 2
4 AMÉNAGEMENTS EN COURS D'EAU 3
4.1 Installation de seuils 3
4.1.1 Rôles des seuils 3
4.1.2 Localisation 4
4.1.3 Conception 7
4.1.3.1 Principes généraux 7
4.1.3.2 Seuils en roches (Figure 2) 8
4.1.3.3 Seuils en bois (Figure 3) 15
4.2 Aménagement de frayères 19
4.3 Nettoyage de cours d'eau 22
5 AMÉNAGEMENTS EN LAC 26
5.1 Localisation 26
5.2 Recherche des meilleurs sites 29
5.2.1 Étape 1 - identification préliminaire des sites 29
5.2.2 Étape 2 - validation sur le terrain des meilleurs sites à aménager 30
5.3 Aménagement de frayères 31
6 CONCLUSION 32
7 REMERCIEMENTS 33
GLOSSAIRE 34

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Vue générale d'un cours d'eau aménagé à l'aide de seuils pour améliorer l'habitat de l'omble de fontaine 5

Figure 2. Conception d'un seuil en roches avec aménagement de frayères 9

Figure 3. Conception d'un seuil en bois avec aménagement de frayères 17

Figure 4. Localisation des sites potentiels pour l'aménagement de frayères en lac 27

LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Seuil en roches où des points d'ancrage ont été utilisés pour stabiliser l'ouvrage 12

Photo 2. Seuil en roches où du gravier a été placé entre les interstices des roches pour permettre une étanchéité de la structure 12

Photo 3. Noyau central d'un seuil en roches 13

Photo 4. Agencement du matériel autour du noyau central, de l'échancrure et confection de la pente 1V:3H à l'amont 13

Photo 5. Enrochement de la rive en amont et en aval du seuil en roches 14

Photo 6. Enrochement de la rive s'étendant à plus d'un mètre du DPB 14

Photo 7. Insertion des troncs d'arbre dans la rive et enrochement du seuil en bois 16

Photo 8. Enrochement de la rive en amont et en aval du seuil en bois 16

Photo 9. Déflecteur aménagé afin de créer des surfaces de gravier potentiellement utilisable pour la fraie 20

Photo 10. Frayère restaurée à l'amont de l'échancrure d'un seuil en bois 20

Photo 11. Frayère aménagée à l'amont de l'échancrure d'un seuil en roches 21

Photo 12. Frayère aménagée à l'aval de la fosse formée par la présence du seuil en roches 21

Photo 13. Cours d'eau avant son nettoyage (exemple 1) 24

Photo 14. Cours d'eau après son nettoyage (exemple 1) 24

Photo 15. Cours d'eau avant son nettoyage (exemple 2) 25

Photo 16. Cours d'eau après son nettoyage (exemple 2) 25

RÉSUMÉ

Fleury, M. et Boula, D. 2012. Recommandations pour la planification et la conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3008 : vi + 33 p.

Les besoins de l'omble de fontaine sont largement documentés dans la littérature et l'aménagement de son habitat est répandu au Québec. Pourtant, de nombreux suivis de projets réalisés dans le but de bonifier l'habitat de cette espèce au cours des dix dernières années tendent à démontrer que des erreurs de planification et de conception affectent leur durabilité ainsi que leur efficacité. Le présent document vise à partager l'expérience pratique acquise afin d'améliorer la qualité des structures et des aménagements les plus fréquemment réalisés et comportant des lacunes récurrentes. Plus spécifiquement, les recommandations techniques qui y sont formulées et illustrées concernent l'installation de seuils, la mise en place de frayères en cours d'eau et en lacs, le nettoyage de cours d'eau ainsi que la pertinence de réaliser ou non certains aménagements.

ABSTRACT

Fleury, M. and Boula, D. 2012. Recommandations pour la planification et la conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3008 : vi + 33 p.

The needs of the Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) are widely documented in the literature, and there is widespread development of its habitat in Quebec. However, monitoring of projects completed in the last 10 years with the goal of improving this species' habitat seems to reveal that errors in planning and design have affected both their durability and their effectiveness. This document describes the practical experience gained in order to improve the quality of the structures and habitat management most commonly implemented with recurring problems. More specifically, the technical recommendations provided herein have to do with installing weirs, setting up spawning grounds in streams and lakes, cleaning up streams, and the importance of doing, or not doing, certain habitat management.

1 MISE EN CONTEXTE

La grande répartition de l'omble de fontaine et son importance pour la pêche récréative ont fait en sorte que plusieurs projets visant l'amélioration ou la création d'habitats pour cette espèce ont été réalisés au Québec. Malgré l'avancement des connaissances sur les besoins de l'omble de fontaine et le fait que l'aménagement de son habitat soit répandu, plusieurs suivis d'aménagement exigés par le ministère des Pêches et des Océans (MPO) depuis plus de dix ans tendent à démontrer que des erreurs de planification et de conception affectent leur durabilité ainsi que leur efficacité.

Le présent document contient des orientations pratiques permettant une meilleure planification et conception de différents types d'aménagement de l'habitat de l'omble de fontaine. Il contient des recommandations qui permettent d'éviter les erreurs les plus souvent observées lorsque de tels aménagements sont réalisés.

Il est à noter que le respect de recommandations contenues dans ce document ne garantit pas le succès des aménagements réalisés. En effet, ceux-ci doivent être planifiés en tenant compte des particularités locales des milieux où ils sont insérés et leur succès est étroitement lié à la qualité d'exécution des travaux. Ainsi, le concepteur est l'unique responsable du succès des aménagements réalisés. Cependant, nous sommes d'avis que les recommandations présentées augmentent significativement les chances de succès des aménagements dans la majorité des cas. Ce document traite particulièrement des travaux d'aménagement se réalisant dans des milieux naturels et ne couvre pas la reconstitution complète d'un tronçon de cours d'eau.

2 MÉTHODE

Les recommandations présentées dans ce document s'appuient sur l'expérience acquise par les auteurs au cours des 17 dernières années. Elles se basent sur des observations faites depuis plus de dix ans lors de suivis de travaux d'aménagement dans l'habitat du poisson réalisés par divers intervenants dans le cadre des exigences de la *Loi sur les pêches* et des opérations du programme de gestion de l'habitat du poisson du MPO. Elles reposent également sur l'expérience acquise sur le terrain lors de la planification, de la conception, de la supervision et du suivi d'aménagements réalisés depuis 1995 dans des contextes indépendants des activités du MPO comportant des inventaires de près de 140 km de cours d'eau, des études du littoral et des sources d'eau de 35 lacs, des nettoyages de près de 120 km de cours d'eau, la mise en place et les suivis de plus de 530 seuils en bois ou en roches ainsi que de plus de 270 frayères dans les rivières et les lacs du Québec.

Pendant deux ans, ces recommandations ont été suivies avec succès par plusieurs intervenants notamment des promoteurs de projets déposés au MPO pour examen en vertu de la *Loi sur les pêches*. Elles ont également été discutées avec différents intervenants en environnement, en biologie, en géomorphologie et en ingénierie lors de divers ateliers portant spécifiquement sur le contenu de ce document.

3 PERTINENCE DE RÉALISER UN AMÉNAGEMENT

3.1 BESOIN DE BONIFIER UN HABITAT

Avant de procéder à un aménagement, il est important de déterminer les raisons qui justifient d'intervenir dans l'habitat de l'omble de fontaine. Parmi ces raisons, on retient la sous-représentation d'un type d'habitat (p. ex. : quantité limitée d'habitats de reproduction ou d'alevinage, l'homogénéité des faciès d'écoulement), la piètre qualité des habitats présents (p. ex. : accumulation de matières fines sur des sites de fraie, profondeurs d'eau insuffisantes à l'étiage, absence d'abris à proximité des sites de fraie) et les problèmes de recrutement. Il s'agit là d'exemples de situations qui justifient l'adoption de stratégies d'aménagement comme celles qui sont présentées dans le présent document. Les raisons qui justifient d'intervenir dans un habitat et les façons de le faire peuvent donc varier considérablement selon les systèmes aquatiques. Il est donc impératif de procéder à une évaluation sur le terrain afin de déterminer si une intervention dans l'habitat est réellement nécessaire.

Voici quelques éléments à considérer lors de l'évaluation pour établir s'il est pertinent ou non de réaliser un aménagement dans l'habitat de l'omble de fontaine :

- la présence d'un obstacle aux déplacements des poissons à proximité de la zone envisagée pour la réalisation de l'aménagement qui limiterait l'accès aux aménagements réalisés (p. ex. : une chute d'eau infranchissable à l'aval de la zone des travaux);
- la connectivité du cours d'eau à un lac;
- la répartition et l'abondance de l'espèce sur le territoire;
- le potentiel de pêche du plan d'eau où est réalisé l'aménagement;
- la présence d'espèces compétitrices ou prédatrices de l'omble de fontaine;
- la qualité de l'eau qui doit répondre aux besoins de l'omble de fontaine; et
- les risques inhérents aux activités de prélèvements illégaux ou au dérangement par l'humain.

3.2 LA FAISABILITÉ ET LES CHANCES DE SUCCÈS D'UN AMÉNAGEMENT

Une fois établit qu'il est pertinent de réaliser un aménagement, on doit examiner la faisabilité et les chances de succès du projet. En effet, il est nécessaire d'identifier les contraintes pouvant affecter sa réalisation avant de consacrer des efforts à la planification détaillée d'un aménagement et à la caractérisation de l'état d'origine du cours d'eau. Celles-ci peuvent avoir une influence majeure sur sa conception ou remettre en question sa faisabilité ou sa pertinence. L'accessibilité du site, le besoin de recourir ou non à de la machinerie, les risques pour les habitats sensibles déjà présents, la disponibilité des matériaux ainsi que la nature et l'état des berges constituent des éléments à prendre en compte, tant sur le plan financier que technique, avant de poursuivre dans l'élaboration du projet.

4 AMÉNAGEMENTS EN COURS D'EAU

Il existe plusieurs types d'interventions pour aménager l'habitat de l'omble de fontaine. Cette section traite de celles qui sont les plus fréquemment utilisées, dont l'installation de seuils, la création de frayères ainsi que le nettoyage de cours d'eau. Les suivis de projets réalisés dans le cadre du programme de gestion de l'habitat du poisson du MPO ont révélé certains problèmes récurrents pour ces aménagements. Les recommandations suivantes visent à résoudre ces problèmes et à améliorer les chances de succès des aménagements.

4.1 INSTALLATION DE SEUILS

4.1.1 Rôles des seuils

L'installation d'un seuil est un moyen utilisé pour modifier localement les caractéristiques hydrauliques d'un cours d'eau et d'améliorer l'habitat. Le seuil peut servir à augmenter la disponibilité d'habitats de qualité pour la reproduction, l'alimentation, le repos et l'alevinage de l'omble de fontaine. Comme illustré à la Figure 1, l'installation d'un seuil a pour effet de créer une retenue d'eau en amont (1), une rupture d'écoulement rapide à l'endroit de la structure (2), une fosse en aval (3) et puis une zone d'accélération de l'écoulement à la sortie de la fosse (4). Ainsi, un seuil peut être installé pour :

- agencer des faciès d'écoulement propices à la création de frayères et à l'alevinage;
- maintenir des vitesses d'écoulement favorables à la retenue du matériel de fraie;
- augmenter la profondeur de l'eau sur des sites de fraie potentiel afin de réduire les risques d'exondation en période d'étiage;
- augmenter la profondeur d'eau à certains endroits du cours d'eau afin d'améliorer les conditions physico-chimiques en été et en hiver (en amont du seuil et dans la fosse en aval);
- faciliter le déplacement des ombles par la mise en place de successions de fosses et par le rehaussement des niveaux d'eau;
- améliorer l'oxygénation des eaux nécessaires à la survie du poisson; ou
- diversifier l'habitat de l'omble de fontaine aux endroits où l'écoulement est uniforme.

Il est très important de bien identifier l'objectif qu'on veut atteindre en installant le seuil, car celui-ci influence sa localisation et sa conception.

4.1.2 Localisation

Le choix précis de l'emplacement d'un seuil est un élément très important. Sans être une garantie absolue, une bonne localisation augmente significativement les chances de succès. À l'inverse, un mauvais choix d'emplacement risque de compromettre la durée de vie du seuil. Il est aussi préférable de repérer le site d'aménagement d'un seuil à l'été, lorsque les débits sont plus faibles. De plus, le choix du site et la conception du seuil doivent tenir compte des forces hydrauliques en période de crues. Bien qu'au moment de la visite le débit du cours d'eau peut être relativement faible, plusieurs indices peuvent être visibles sur son état en période de crues.

Ainsi pour augmenter les chances de succès lors de l'aménagement d'un seuil, les recommandations suivantes doivent être considérées lors de la planification des aménagements (Figure 1).

- Analyser la géomorphologie naturelle du cours d'eau et projeter les conditions d'écoulement selon les différentes conditions hydrologiques normalement rencontrées. Le diamètre du substrat, le type de faciès et de profil du cours d'eau, les signes d'érosion sur l'écorce des arbres, l'état des rives, la présence de débris en berge, l'accumulation de substrat et la présence de bras secondaires sont des exemples d'indices révélateurs de la variabilité des forces hydrauliques présentes et du type de cours d'eau. Ces informations serviront à éviter de sélectionner des sites susceptibles d'être instables (p. ex. : cours d'eau à tresses ou anastomosés) et à adapter la conception des aménagements en conséquence.
- Éviter la mise en place de seuils dans les courbes prononcées des cours d'eau (< 135 degrés) particulièrement à la sortie de la courbe où le courant est élevé (Figure 1; photo C).
- Éviter les sections où les pentes sont trop prononcées. Des pentes variant entre 1 et 3% sont à privilégier.
- Aménager les structures de façon à occasionner seulement la retenue d'eau nécessaire au bon fonctionnement du seuil pour éviter d'inonder les rives en permanence ou de provoquer le détournement des eaux vers la bande riveraine. Le seuil doit permettre la création d'une retenue d'eau sur une distance équivalente à environ trois à quatre fois la largeur du cours d'eau pour optimiser le gain associé aux habitats du poisson ainsi modifiés. En période d'étiage, le rehaussement du niveau d'eau causé par le seuil ne doit pas dépasser le tiers de la hauteur du débit plein bord (DPB).
- Éviter de planifier l'aménagement d'un seuil trop près du pied d'une chute ou d'une cascade, et prévoir une distance minimale de trois à quatre fois la largeur du cours d'eau en aval de ceux-ci.
- Tirer profit des élévations naturelles du lit, par exemple où il y a déjà une amorce de seuil dans le cours d'eau.

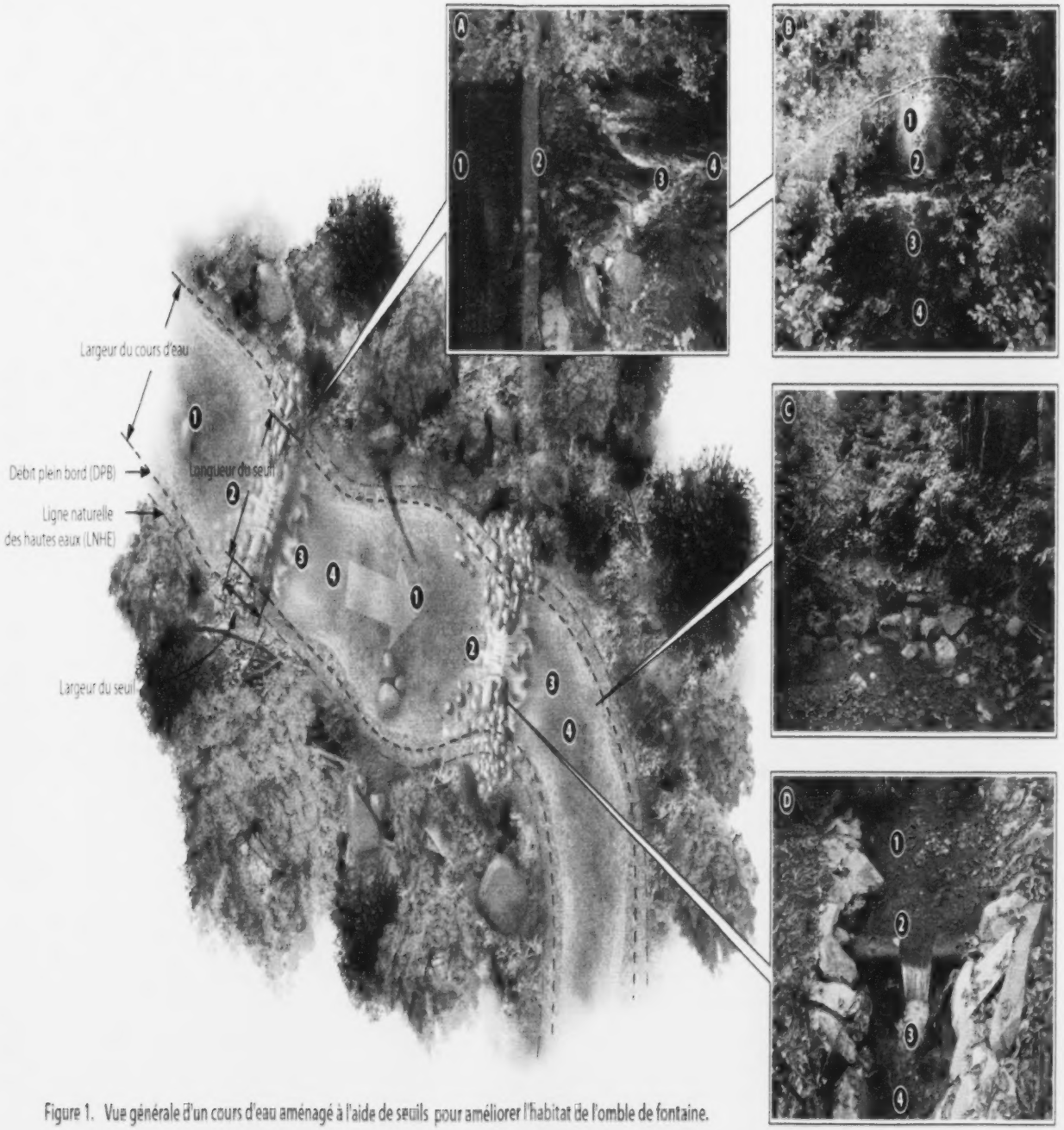

Figure 1. Vue générale d'un cours d'eau aménagé à l'aide de seuils pour améliorer l'habitat de l'omble de fontaine.

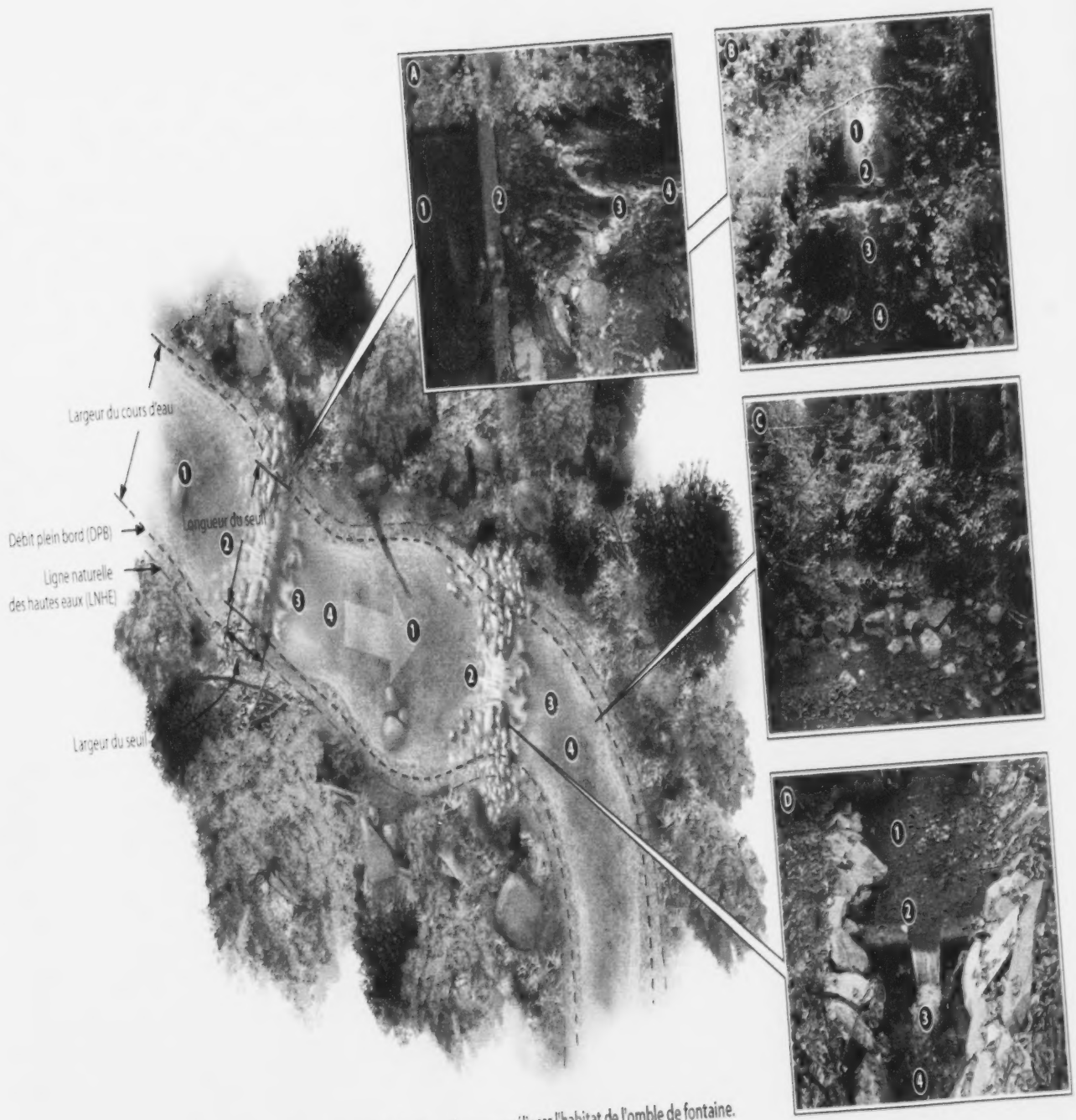

Figure 1. Vue générale d'un cours d'eau aménagé à l'aide de seuils pour améliorer l'habitat de l'omble de fontaine.

- Éviter le plus possible d'aménager des seuils dans des habitats utilisés par le castor ou à fort potentiel pour celui-ci qui se caractérisent habituellement par une faible hauteur de talus et des peuplements riverains composés de feuillus intolérants à l'ombre comme les peupliers, les bouleaux et les aulnes. Les perturbations naturelles et les coupes forestières peuvent favoriser le castor à moyen terme, car elles font augmenter la proportion de jeunes tiges d'espèces de feuillues. Les aménagements en forêt mature ou dominée par les conifères peuvent réduire également les risques qu'ils soient affectés par l'activité des castors.

4.1.3 Conception

La conception d'un seuil varie selon l'objectif de l'ouvrage, les caractéristiques du milieu récepteur dont les vitesses d'écoulement, l'état des berges, la nature du substrat et la pente et la disponibilité des matériaux nécessaires à son aménagement. Deux types de seuils sont discutés, soit ceux en roches et en bois. Des principes généraux communs à l'un ou l'autre de ces deux types de seuils sont d'abord présentés.

4.1.3.1 Principes généraux

D'une manière générale, les éléments suivants sont à considérer dans l'aménagement d'un seuil en roches ou en bois.

- Travailler en étiage.
- Privilégier toujours l'utilisation de pierres au lieu de matériaux de bois afin d'augmenter la durée de vie des seuils (selon le type de lit de cours d'eau tel que spécifié à la section 4.1.5).
- Utiliser des pierres en équilibre avec les forces hydrauliques en présence selon les caractéristiques granulométriques du lit du cours d'eau à aménager. De cette façon, on réduit les risques de bris des structures.
- Le seuil doit inclure une échancrure centrale de 20 à 30 % de la largeur du cours d'eau à l'étiage pour assurer en tout temps le libre passage du poisson (Figures 2 et 3, Photos 3 et 7).
- La chute d'eau à l'échancrure doit être inférieure à 30 cm de hauteur en jet de surface pour un seuil en roches (Figure 2, Photo 4) ou inférieure à 20 cm de hauteur en jet plongeant pour un seuil en bois (Figure 3, Photo 8) pour faciliter le libre passage du poisson.
- Si le nettoyage du site est nécessaire avant l'installation du seuil, il doit être réalisé de manière à enlever seulement les débris qui risquent d'éroder la structure sous l'effet de la vitesse du courant (voir aussi section 4.3).
- La fosse à l'aval du seuil doit avoir une profondeur supérieure à la chute d'eau à l'échancrure pour assurer le libre passage du poisson (Figures 2 et 3).

4.1.3.2 Seuils en roches (Figure 2)

- Afin de réduire les risques d'affouillement et d'effondrement, éviter la mise en place de seuils sur un substrat à prédominance de roche-mère, de sable ou de gravier. Favoriser l'installation sur un substrat à prédominance de pierres (> 15 cm de diamètre) dont le diamètre moyen est supérieur aux pierres généralement retrouvées sur le lit du cours d'eau.
- Avant l'installation d'un seuil, prévoir les points d'ancrage comme des crans rocheux, des blocs erratiques ou des arbres à fortes racines (Photo 1).
- Privilégier les sites dans le cours d'eau où les pierres utilisables pour l'enrochement du seuil sont déjà disponibles en abondance, au lieu d'introduire du nouveau matériel.
- La nature du lit du cours d'eau doit permettre son excavation afin d'y insérer le seuil à plus de 30 cm de profondeur sur la largeur du cours d'eau.
- L'utilisation d'une membrane géotextile n'est pas recommandée pour ce type de structure. Un simple colmatage de la structure avec du gravier est suffisant pour maintenir un niveau d'eau adéquat en amont du seuil (Photo 2). En raison de leur résistance à l'écoulement de l'eau et leur propriété de flottaison, les membranes géotextiles peuvent augmenter la vulnérabilité des seuils en roches en période de fort débit. De plus, dans la plupart des seuils en roches aménagés, la membrane géotextile se détériore après quelques années. Néanmoins, advenant qu'une membrane géotextile soit utilisée dans la conception d'un seuil en roches, un colmatage à l'aide de gravier est tout de même nécessaire en dessous et par-dessus la membrane géotextile pour éviter que l'étanchéité de la structure ne repose que sur celle-ci.
- La largeur du seuil doit être suffisante pour résister aux crues[†]. Dans un cours d'eau de faible dimension (2 à 3 mètres), la largeur du seuil ne doit pas être inférieure à deux mètres (Photo 1).
- Le seuil doit comporter un noyau central de pierres de plus forte dimension qui s'insèrent en juxtaposition entre les zones d'ancrage (Photo 3). Le noyau central doit être solidifié de part et d'autre avec des pierres de dimension suffisante qui sont également juxtaposées les unes aux autres pour mieux résister aux forces hydrauliques.
- Dans le noyau central du seuil, le nombre de rangées de pierres à la verticale doit se limiter à deux.
- En amont du seuil, une pente en enrochement (moins de 1V:3H) doit permettre à la structure de résister au débit (Photo 4).

[†] Dans le but de déterminer l'importance des crues, il est nécessaire d'évaluer les signes laissés par l'eau et les glaces sur la rive (p ex. : écorces arrachées, arbres écrasés, érosion, absence d'essences végétales, diamètre des matériaux).

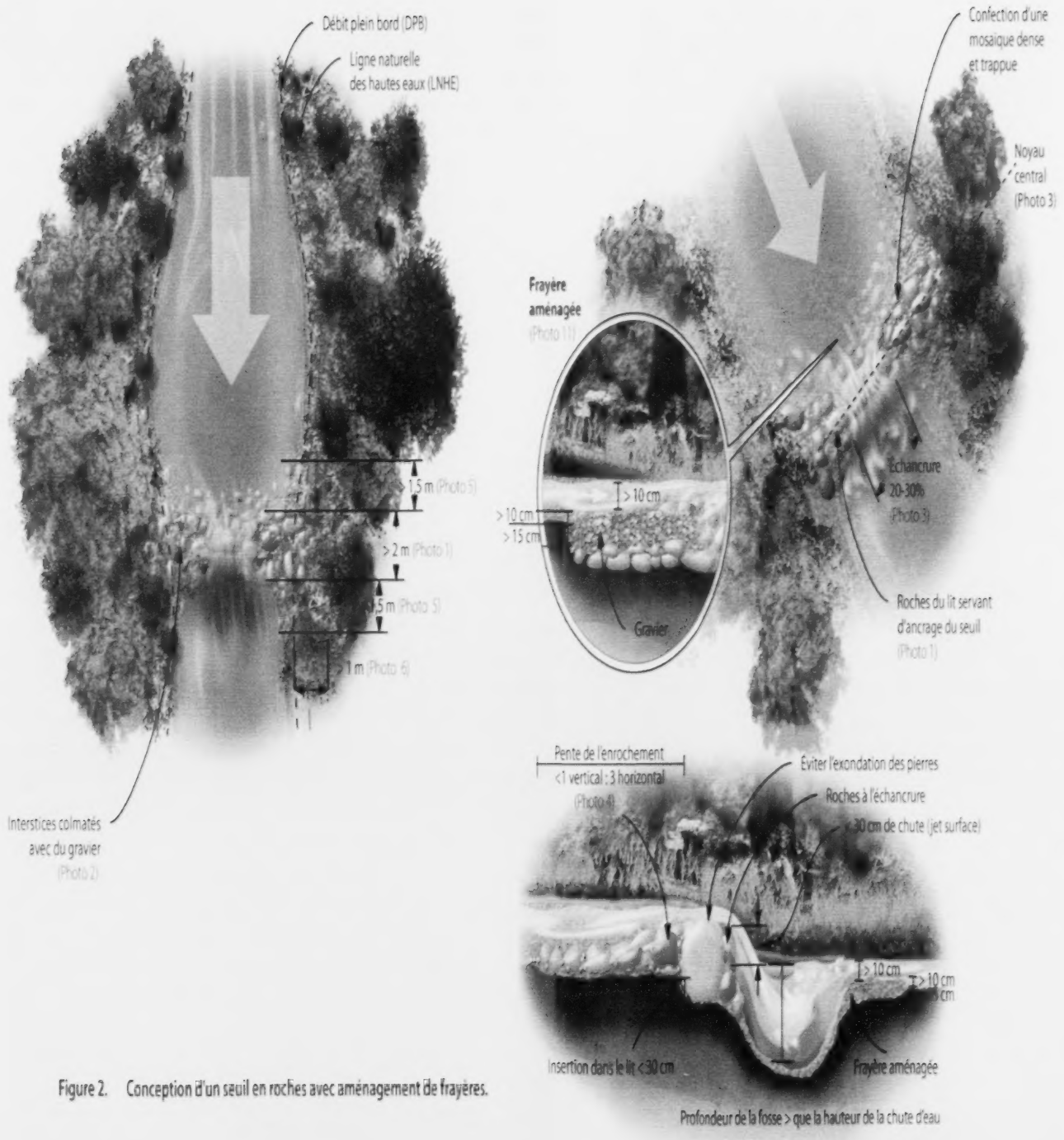

Figure 2. Conception d'un seuil en roches avec aménagement de frayères.

- En amont de l'échancrure, les pierres utilisées doivent être de dimension suffisante pour éviter leur transport vers l'aval (Photo 4).
- À la jonction avec les rives, le seuil doit être muni d'un enrochement pour le protéger contre l'érosion. La largeur de l'enrochement doit dépasser d'au moins 1,5 mètre (en amont et en aval) la largeur du seuil et être adaptée à la dimension du cours d'eau (Photo 5). L'enrochement doit être conçu pour résister aux crues et s'étendre à plus d'un mètre du DPB (Photo 6).
- Une fois terminé, le seuil doit être stable et former une mosaïque de pierres dense et massive. Les roches du seuil ne doivent pas dépasser de façon significative le niveau d'eau souhaité en amont afin d'éviter de créer une résistance inutile à l'écoulement.

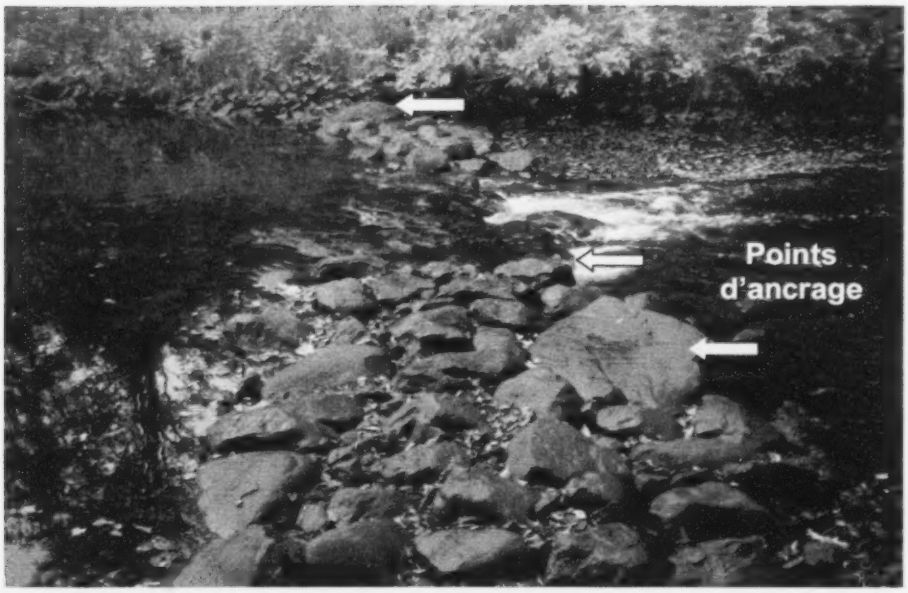

Photo 1. Seuil en roches où des points d'ancrage ont été utilisés pour stabiliser l'ouvrage.

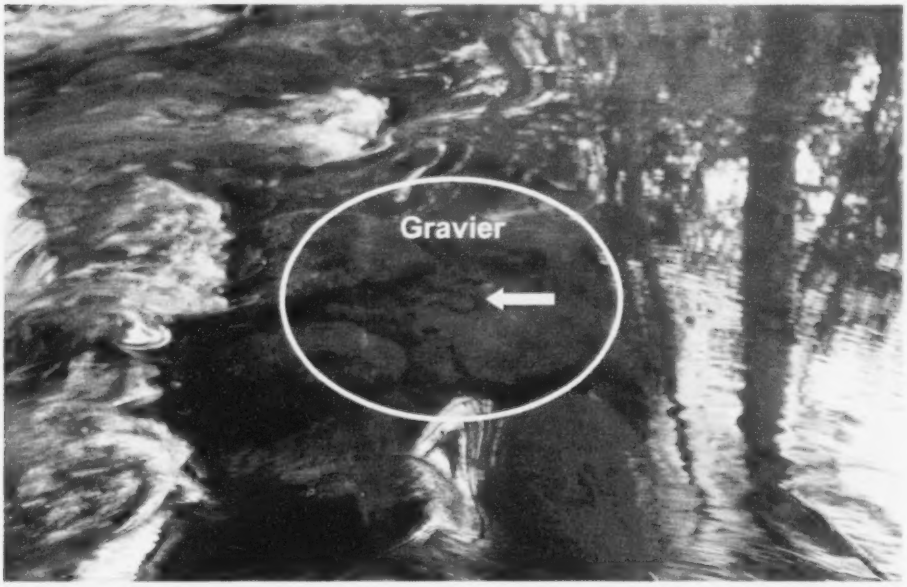

Photo 2. Seuil en roches où du gravier a été placé entre les interstices des roches pour permettre une étanchéité de la structure.

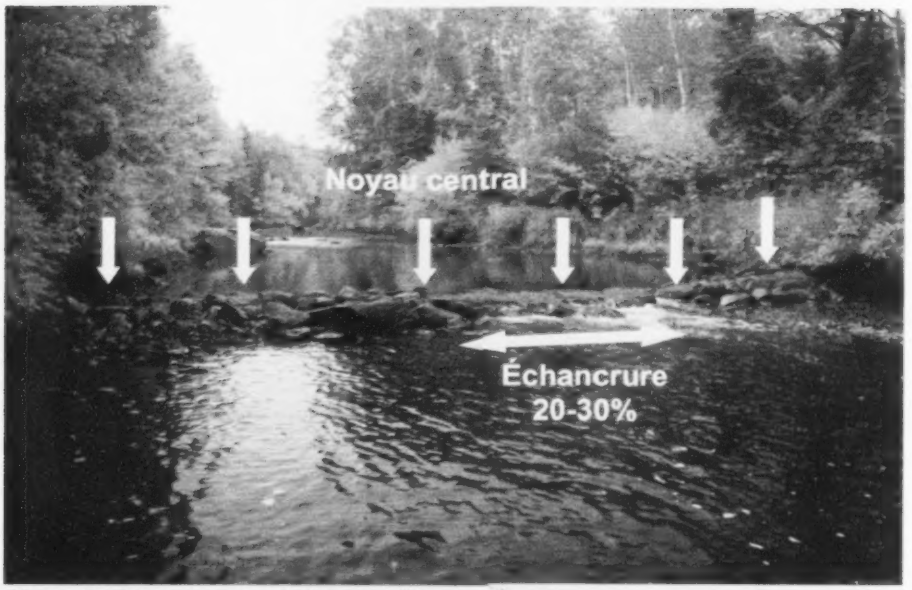

Photo 3. Noyau central d'un seuil en roches.

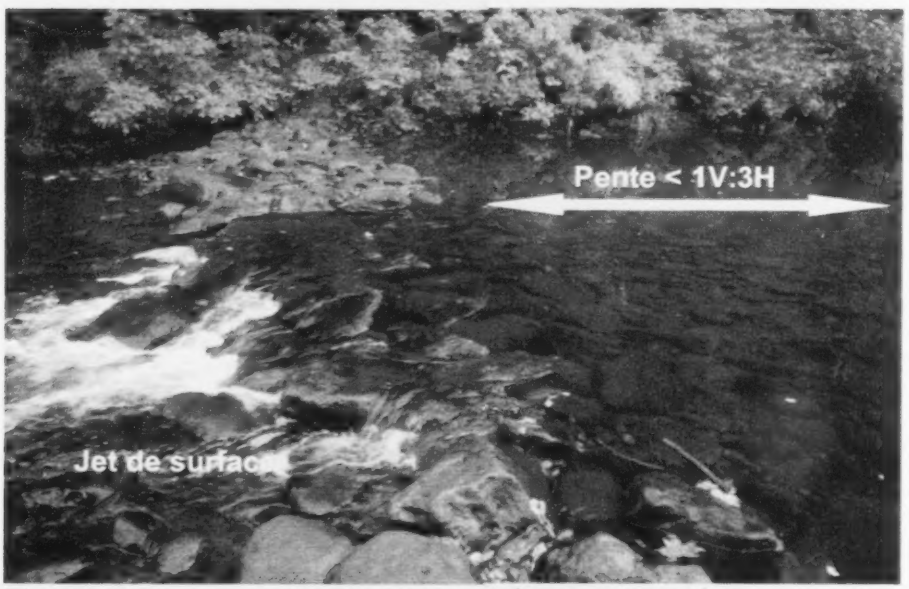

Photo 4. Agencement du matériel autour du noyau central, de l'échancrure et confection de la pente 1V:3H à l'amont.

Photo 5. Enrochement de la rive en amont et en aval du seuil en roches.

Photo 6. Enrochement de la rive s'étendant à plus d'un mètre du DPB.

4.1.3.3 Seuils en bois (Figure 3)

- Le thuya (*Thuya occidentalis*) et le mélèze (*Larix laricina*) sont les essences ligneuses recommandées pour assurer la durabilité des aménagements de seuils en bois.
- Le lit doit être composé d'un substrat d'une granulométrie permettant d'enfouir une membrane géotextile en profondeur.
- Les rives doivent permettre d'insérer les extrémités du seuil jusqu'à au moins un mètre de part et d'autre du cours d'eau au DPB (Photo 7). Éviter les endroits où la présence de roche-mère est importante, car l'ancrage de la structure et son étanchéité seront difficiles à effectuer.
- Contrairement au seuil en roches, l'utilisation d'une membrane géotextile ayant une forte résistance à la déchirure est requise pour assurer l'étanchéité du seuil. Éviter l'utilisation d'une membrane de plastique imperméable, car elle exerce une résistance additionnelle sur le seuil et augmente ainsi les risques de dommages en période de crues. La membrane géotextile doit s'étendre sur le lit jusqu'à un à deux mètres en amont du seuil (Photo 7).
- L'excavation du lit et des rives du cours d'eau doit être réalisée jusqu'à 30 cm de profondeur sous le niveau d'origine du lit du cours d'eau et se limiter à la surface nécessaire à l'ancrage du seuil et la mise en place de la membrane géotextile.
- La membrane géotextile doit être fixée sur le bois à l'aide de clous galvanisés.
- La membrane géotextile et le pourtour de l'ancrage du seuil dans les rives doivent être fortement enrochés. Les pierres utilisées doivent être de dimension supérieure à la médiane de la granulométrie de la section du cours d'eau où la structure est installée. À l'amont de l'échancrure du seuil, l'épaisseur de l'enrochement peut être moindre de sorte à pouvoir ajouter du gravier de fraie (Photo 10).
- Les interstices entre les pierres doivent être colmatés par des cailloux et du gravier afin de solidifier la structure.
- La largeur de l'échancrure (20-30 % de la largeur du cours d'eau) doit permettre de conserver en tout temps une mince lame d'eau sur l'ensemble du seuil afin d'augmenter la durée de vie du bois.
- À la dernière étape de confection, les deux extrémités du seuil doivent être enrochées. L'enrochement doit s'étendre sur au moins 1,5 mètre de part et d'autre du seuil au point d'insertion sur les rives (Photo 8). Il doit résister aux crues et s'étendre à plus d'un mètre du DPB (Photo 7). L'enrochement doit protéger les rives de l'érosion et permettre de maintenir la membrane géotextile en place.

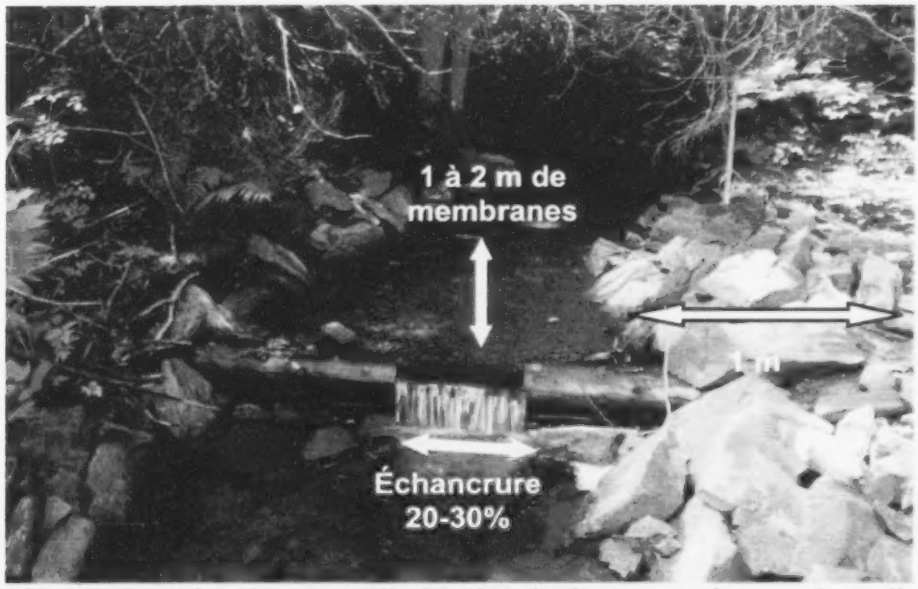

Photo 7. Insertion des troncs d'arbre dans la rive et enrochement du seuil en bois.

Photo 8. Enrochement de la rive en amont et en aval du seuil en bois.

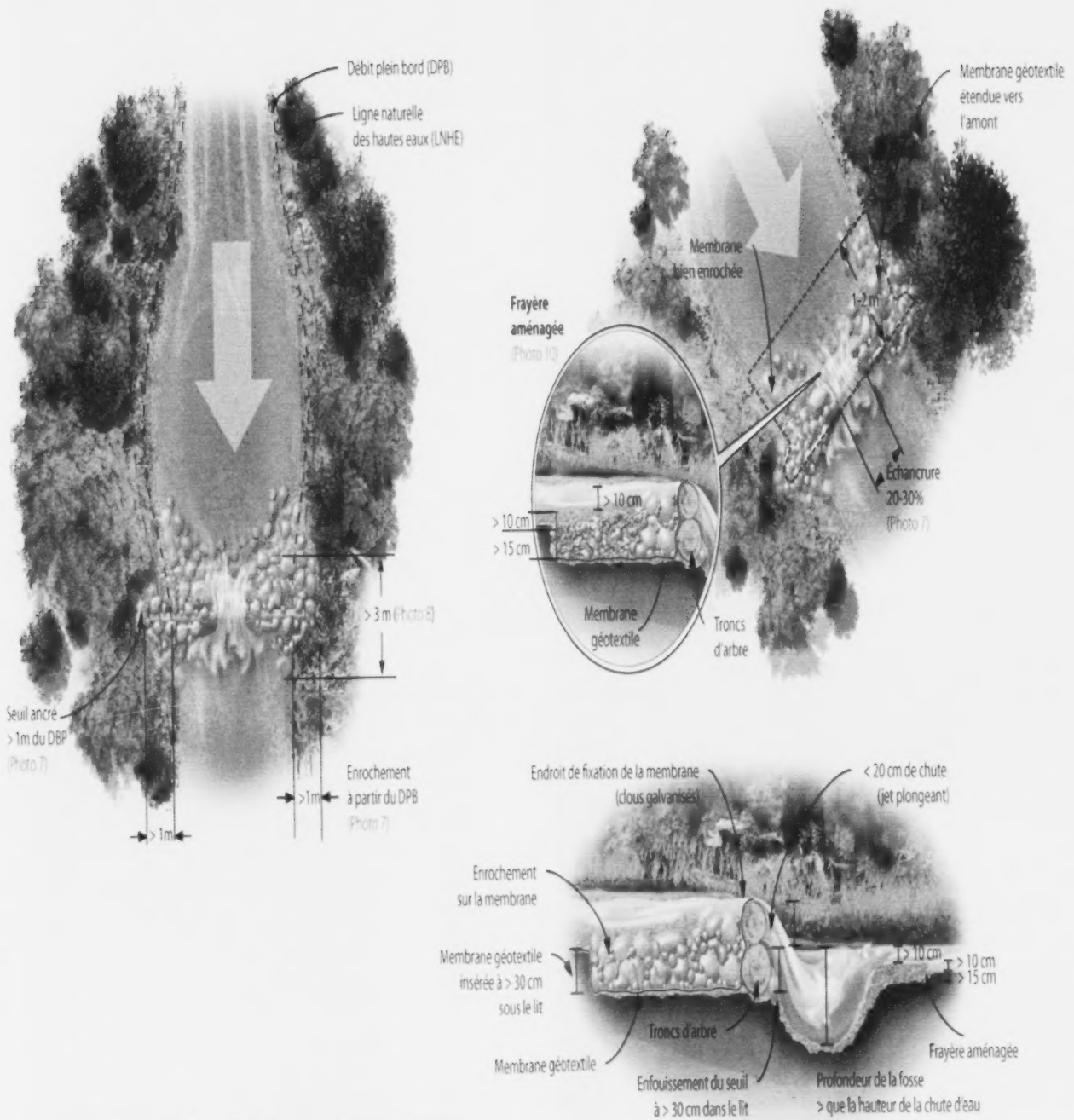

Figure 3. Conception d'un seuil en bois avec aménagement de frayères.

4.2 AMÉNAGEMENT DE FRAYÈRES

Lors de l'aménagement de frayères, il est important de tirer profit des éléments physiques, des structures et de l'écoulement déjà présents dans le cours d'eau (p. ex. : seuils, fosses, bancs de gravier exondés). En plus d'augmenter les chances d'utilisation par le poisson, cette approche contribue grandement à diminuer les coûts de réalisation du projet. Par ailleurs, il est toujours moins risqué d'agrandir, de restaurer ou d'améliorer des frayères existantes que de concevoir de nouveaux habitats de fraie. Le risque est plus élevé qu'une frayère nouvellement construite ne soit pas utilisée par rapport à un site de fraie existant.

L'aménagement de frayères peut simplement consister en l'ajout de substrat adéquat, en l'enlèvement de débris nuisant à l'écoulement sur une frayère ou d'une intervention plus élaborée comme l'installation d'un déflecteur ainsi que d'un seuil (Photos 9 et 10). Il existe plusieurs structures pour aménager des surfaces de fraie pour l'omble de fontaine dans un cours d'eau dont les seuils, les caisses frayères, les épis et les déflecteurs. Toutefois, il est discuté ici que d'aménagements de frayères à même un seuil.

Voici quelques recommandations relatives à l'aménagement de frayères en cours d'eau (Figures 2 et 3).

- Favoriser les endroits où la bande riveraine comporte des abris potentiels pour les poissons.
- Excaver le lit du cours d'eau sur 15 à 30 centimètres de profondeur afin d'y insérer le substrat de fraie. L'épaisseur du gravier doit être légèrement plus élevée que la profondeur d'excavation.
- Le gravier de fraie utilisé doit être rond, exempt de sédiments fins, avoir un diamètre de un à six centimètres et provenir d'un dépôt fluviatile. Le diamètre du gravier doit tenir compte de la force des crues afin de réduire les risques qu'il soit déplacé. Ainsi, il faut éviter la mise en place de gravier là où le substrat naturel du lit est dominé par des galets, des blocs ou la roche-mère, la granulométrie du substrat du lit étant un bon indicateur des forces hydrauliques présentes.
- La superficie de la frayère doit être limitée à la zone sans accumulation de sédiments fins et donc propice à la reproduction de l'omble de fontaine.
- La localisation des frayères doit être faite de sorte à éviter le transport vers l'aval du gravier par les crues. On doit aussi éviter de remplir avec du gravier la totalité des surfaces des fosses aménagées, mais plutôt le déposer aux endroits les plus susceptibles d'être utilisés par l'omble de fontaine. Ainsi, on aménage des zones de gravier en amont du seuil ou à l'aval immédiat de la fosse entretenue par l'action du seuil (Photos 11 et 12).

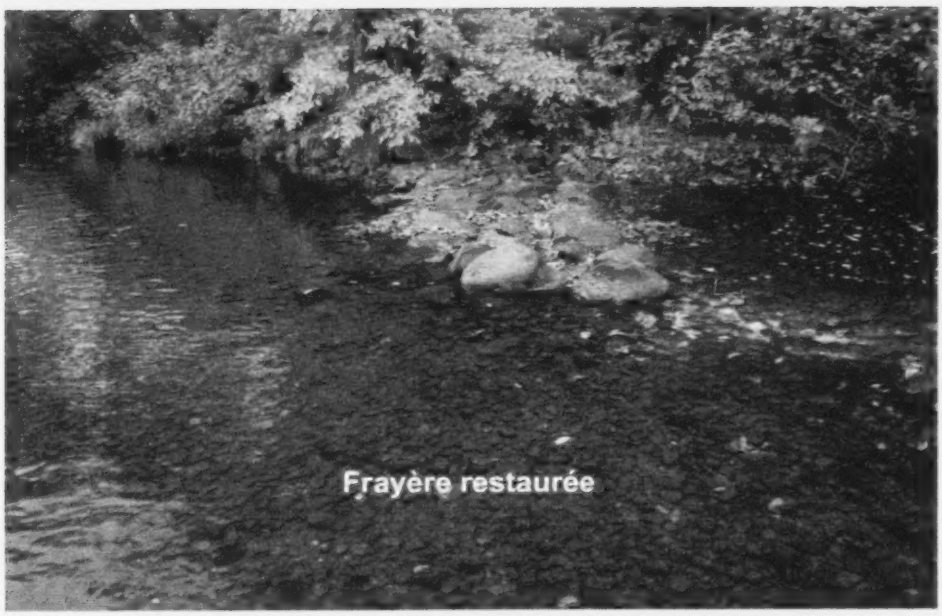

Photo 9. Déflecteur aménagé afin de créer des surfaces de gravier potentiellement utilisable pour la fraie.

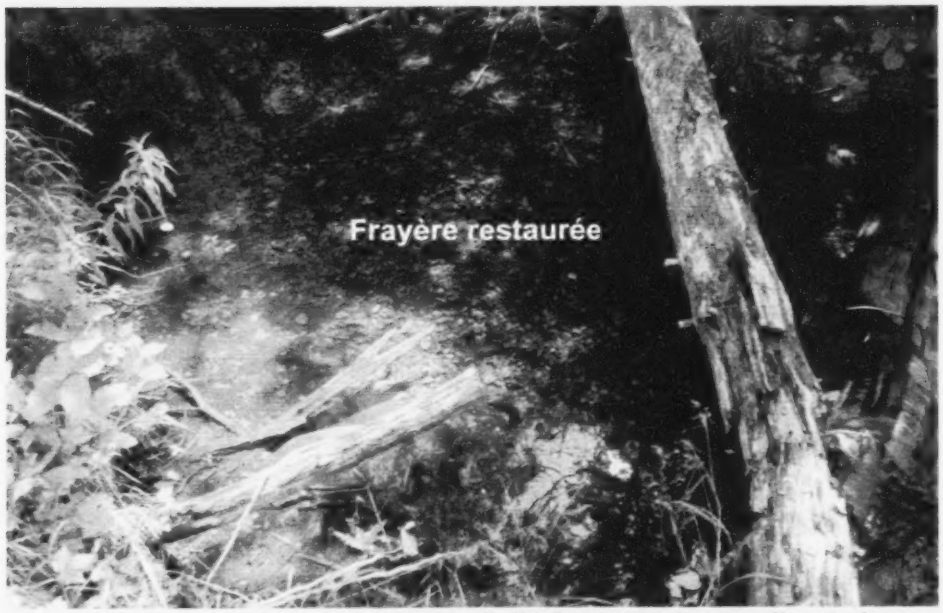

Photo 10. Frayère restaurée à l'amont de l'échancrure d'un seuil en bois.

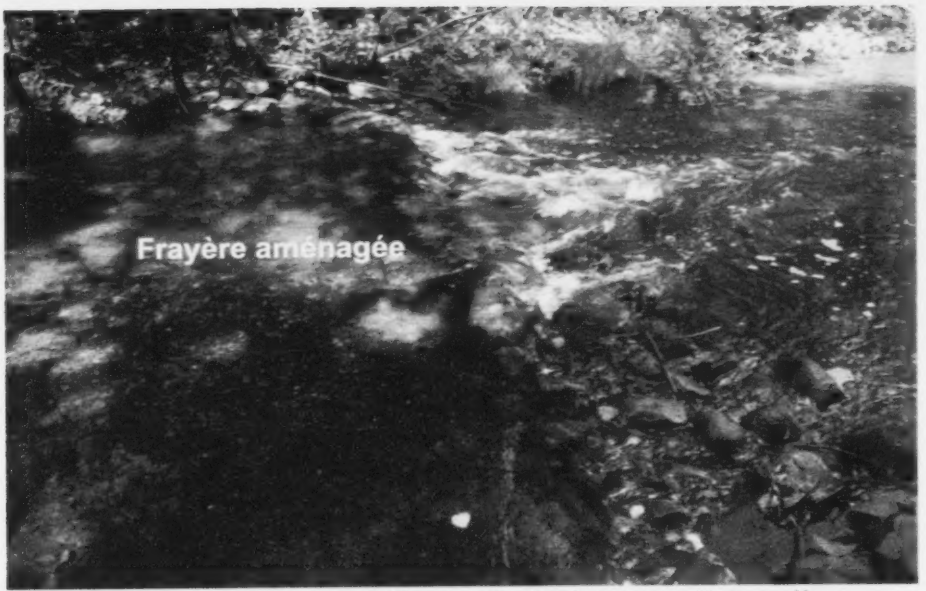

Photo 11. Frayère aménagée à l'amont de l'échancrure d'un seuil en roches.

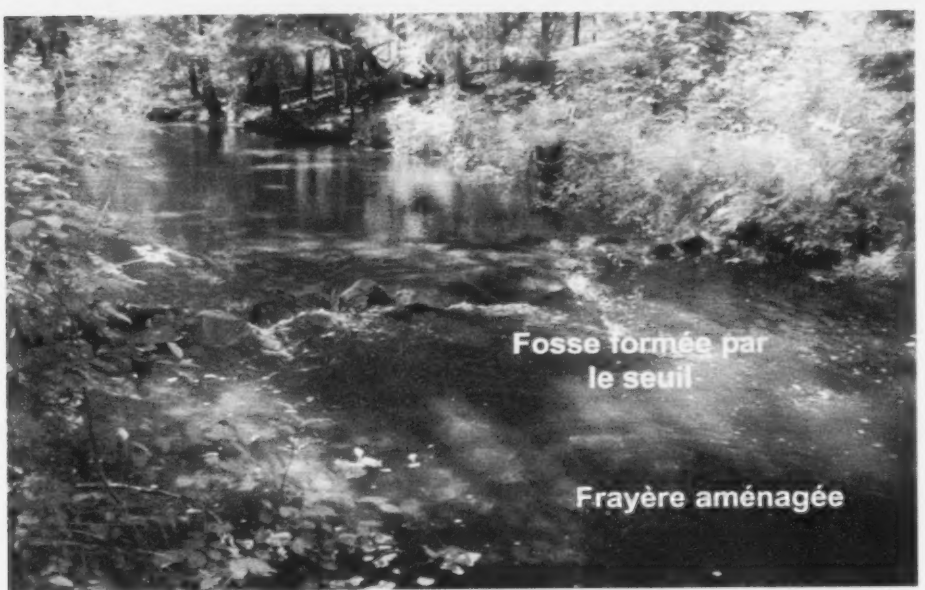

Photo 12.Frayère aménagée à l'aval de la fosse formée par la présence du seuil en roches.

4.3 NETTOYAGE DE COURS D'EAU

Le nettoyage de cours d'eau afin d'améliorer l'habitat de l'omble de fontaine est une activité répandue au Québec. Il consiste principalement à enlever une partie de la végétation riveraine, les débris ligneux, les embâcles de bois ou d'anciens barrages de castors qui contribuent à diminuer la qualité générale de l'habitat de l'omble de fontaine. Souvent, le nettoyage consiste à retirer des vestiges d'activités humaines comme des billots qui proviennent de la drave, d'anciens ponts ou des débris ligneux issus de coupes forestières. Il peut s'agir aussi de débris ligneux issus de phénomènes naturels comme des chablis. Un nettoyage adéquat d'un cours d'eau peut améliorer l'habitat de l'omble de fontaine en modifiant localement les conditions d'écoulement et en réduisant l'ensablement des substrats de fraie ou en améliorant les conditions de passage du poisson. D'ailleurs, le nettoyage d'un cours d'eau est la première activité à planifier avant même l'aménagement de nouvelles structures.

L'expérience acquise indique que des activités de nettoyage mal planifiées ou excessives d'éléments structuraux d'un cours d'eau tels que des arbres renversés, des embâcles, des amoncellements de roches et des accumulations de débris ligneux peuvent causer des dommages au lieu d'améliorer l'habitat. Par exemple, l'enlèvement d'embâcles de bois dans un cours d'eau peut libérer des sédiments qui se déposeront sur des frayères situées en aval et détruire ainsi des habitats existants. Un nettoyage excessif du cours d'eau peut également accroître l'érosion des rives à cause de l'accélération de l'écoulement ou d'une diminution de la protection de celles-ci. Si elle est trop intense, la coupe des arbres formant une couronne au-dessus du cours d'eau peut provoquer le réchauffement des eaux et dégrader l'habitat du poisson.

Il est important de considérer les éléments structuraux d'un cours d'eau comme des composantes intégrales de l'habitat aquatique. Leur nettoyage est complexe et l'expertise d'un professionnel est nécessaire pour éviter les dommages potentiels au milieu aquatique. L'activité doit être dirigée de façon à trouver un juste équilibre entre la quantité de débris ligneux, la densité de la végétation riveraine, la présence d'embâcles ou de barrages de castors, les besoins de déplacement des poissons, l'utilisation de l'habitat par l'omble de fontaine, la présence potentielle d'espèces compétitrices et le régime hydrique du bassin versant.

Les recommandations suivantes visent à éviter des dommages à l'habitat du poisson suite à une activité de nettoyage.

- Les travaux de nettoyage doivent être réalisés manuellement à l'aide d'une scie à chaîne fonctionnant à l'huile végétale.
- La diminution de la densité de la végétation riveraine et la quantité de débris ligneux retirés doivent se limiter aux éléments qui nuisent aux déplacements des poissons, à l'écoulement des eaux et qui favorisent la formation d'embâcles dans le cours d'eau (Photos 13 à 16). Les arbres renversés de part et d'autre de la rive doivent être considérés comme des éléments structuraux importants du cours d'eau. Règle générale, les nettoyages les plus importants consistent en un prélèvement de 30 à 50% des tiges à l'intérieur de la zone correspondant au DPB.

- La coupe de la végétation riveraine doit être réalisée à la base des arbres et arbustes de façon à limiter la repousse de la tige verticale.
- Une couronne de végétaux doit toujours être conservée au-dessus du cours d'eau pour éviter un changement de la température de l'eau, à moins que l'on recherche un effet contraire.
- Le retrait des débris ligneux morts doit se limiter aux seuls matériaux qui ne sont pas ancrés dans la rive ou le lit du cours d'eau (Photos 13 à 16).
- Le démantèlement de barrages de castors ou d'embâcles de bois importants doit être réalisé de façon progressive pour éviter une évacuation trop rapide des eaux emmagasinées à l'amont de ceux-ci. Pour permettre aux poissons de quitter les zones qui sont exondées, il est recommandé d'abaisser le niveau d'eau à un rythme inférieur à 20 cm par jour.
- Le nettoyage des barrages de castors doit être effectué jusqu'à la ligne naturelle des hautes eaux ou à un niveau d'élévation supérieure au besoin.
- Tous les débris retirés doivent être disposés à l'extérieur de la ligne naturelle des hautes eaux de sorte à éviter qu'ils ne soient ramenés dans le cours d'eau ou qu'ils ne soient utilisés par le castor.

Photo 13. Cours d'eau avant son nettoyage (exemple 1).

Photo 14. Cours d'eau après son nettoyage (exemple 1).

Photo 15. Cours d'eau avant son nettoyage (exemple 2).

Photo 16. Cours d'eau après son nettoyage (exemple 2).

5 AMÉNAGEMENTS EN LAC

5.1 LOCALISATION

L'aménagement de frayères en lac est une avenue particulièrement intéressante lorsqu'on veut bonifier les habitats de reproduction de l'omble de fontaine. Règle générale, les frayères aménagées en lac sont moins vulnérables aux dommages causés par les crues, les glaces ou les castors. L'aménagement de frayères en lac permet également de diversifier les types d'intervention sur l'habitat de l'omble de fontaine au lieu de miser uniquement sur l'aménagement en cours d'eau.

Bien que les aménagements de frayères en lac offrent certains avantages par rapport à ceux réalisés en cours d'eau, leur succès demeure très dépendant du site identifié pour leur installation. Trois catégories de sites ont été identifiées pour implanter des frayères en lacs soit la zone de transition entre le lac et son émissaire, l'embouchure des tributaires et les sources d'eau (Figure 4).

L'habitat de transition entre le lac et l'émissaire est un endroit de prédilection pour implanter une frayère, à la condition que le substrat ne contienne pas trop de matières fines ou organiques. Pour favoriser l'accélération du courant et réduire les risques d'accumulation de matières fines, la frayère peut être surélevée par rapport au lit ou l'aménagement peut inclure des déflecteurs. Lorsque présent, les ouvrages de retenue d'eau peuvent également être mis à profit pour aménager des frayères (Figure 4, Photo E).

Par ailleurs, les embouchures de tributaires d'un lac peuvent également être des endroits intéressants à considérer pour installer des frayères. Plus spécifiquement, on choisit d'aménager la frayère dans la portion du tributaire où le courant ralentit, à l'extérieur de la zone de déposition du lac.

Finalement, les sources d'eau en lacs sont des microhabitats très recherchés par l'omble de fontaine pour la fraie, l'alevinage et comme refuge thermique en période estivale ou hivernale. Les sources situées sur le littoral du lac (Figure 4, Photos C et D), qui se déversent dans le lac à la jonction avec la rive (Figure 4, Photo A) ou en surface en provenance de la bande riveraine (Figure 4, Photo F) sont d'excellents endroits pour y aménager des frayères en raison de leur température froide.

Qu'il s'agisse de la zone de transition entre le lac et son émissaire, de l'embouchure de ses tributaires ou de sources d'eau, les frayères aménagées en lac sont souvent de faibles superficies. Cependant, les gains potentiels sur le recrutement de la population d'ombles de fontaine ne doivent pas être négligés uniquement en raison de la petite superficie des frayères aménagées.

Il est à noter qu'il n'est pas recommandé d'aménager des frayères dans les lacs où le marnage est important pendant les périodes de reproduction et d'incubation des œufs d'omble de fontaine.

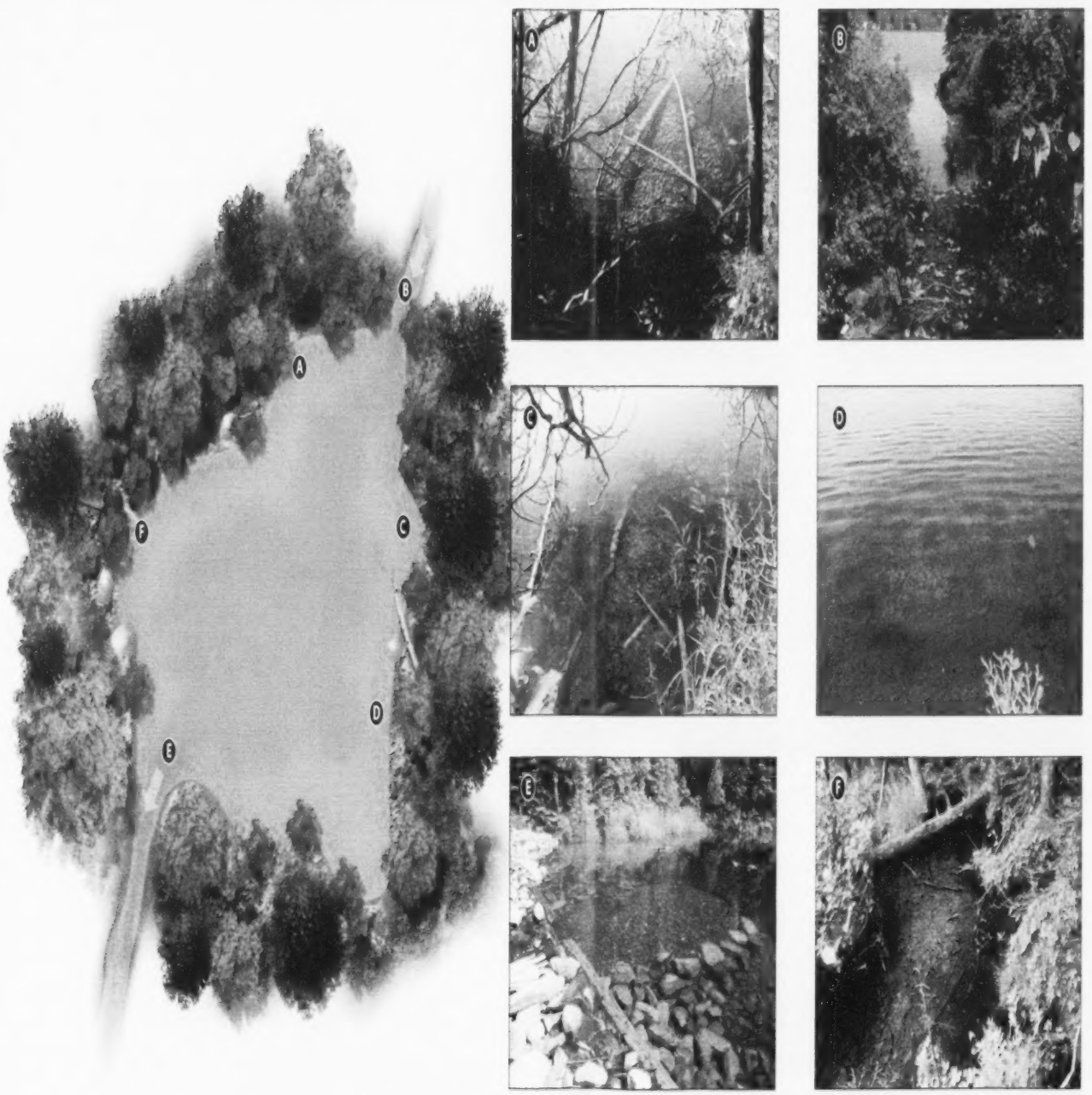

Figure 4. Localisation de sites potentiels pour l'aménagement de frayères en lac.

5.2 RECHERCHE DES MEILLEURS SITES

Considérant l'importance de bien identifier les endroits propices à l'aménagement de frayères en lac et afin de rendre cette recherche la plus efficace possible, il s'avère essentiel de bien planifier et orienter les efforts de prospection des sites potentiels. Pour ce faire, la démarche suivante est proposée en deux étapes.

5.2.1 Étape 1 - identification préliminaire des sites

Pour débuter la recherche de sites potentiels d'aménagement de frayères dans la zone de transition entre le lac et son émissaire ainsi qu'à l'embouchure des tributaires il est recommandé de consulter les photographies aériennes, les orthophotos et les cartes écoforestières disponibles. À l'aide de ces outils, on localisera d'abord l'émissaire et les tributaires intéressants à visiter. Par la suite, on utilisera l'information disponible comme les pentes à partir des courbes de niveau, les types de peuplements forestiers (p. ex. : sapinière, cédrière), les types de sol, le drainage, la présence de végétation aquatique, les infrastructures et les chemins existants, les indices de présence de castors et la forme des plans d'eau (p. ex. : présence de baies) afin de ne conserver que les sites offrant un certain potentiel.

La recherche doit permettre d'exclure les émissaires ou les tributaires ayant l'une ou plusieurs des caractéristiques générales suivantes :

- faible pente (< 1 %);
- sinueux;
- trop large (> 8 m);
- profondeur trop grande (> 70 cm);
- bande riveraine caractéristique de sols mal drainés (dénudés humides);
- végétation aquatique abondante;
- présence de dépôts importants de matières organiques ou de sable (p. ex. : delta de sable à l'embouchure);
- signes de présence de castors; ou
- présence de chemins ou d'infrastructures susceptibles d'être des sources d'apport de sédiments.

En ce qui a trait à la localisation des sources d'eau, à cette étape, les outils photographiques ou cartographiques serviront à identifier les plans d'eau et les secteurs d'un plan d'eau où on est le plus susceptible d'en trouver et non à les localiser précisément. Souvent, les lacs alimentés par des sources d'eau possèdent plusieurs des caractéristiques suivantes :

- situés près de la tête du bassin hydrographique;
- sous-bassins versants ramifiés et encaissés dans la topographie du secteur ;
- faible superficie (entre 10 et 100 ha);

- bassin versant composé de peuplements forestiers matures; et
- absence de tourbières.

Les bandes riveraines des lacs à visiter prioritairement ont les caractéristiques suivantes :

- littoral sans dépôt de matières organiques;
- littoral sans végétation aquatique;
- pente de la bande riveraine entre 5 et 20 %;
- matériaux de surface où le till est plus épais (donc peu d'affleurements rocheux);
- peuplements forestiers dont le sol est mal drainé (ex. sapinière, pessière, cédrière);
- bande riveraine composée de peu de dénudés (humides et secs) ou de tourbières.

Il est à noter que les bandes riveraines des îles et des presqu'îles sont à exclure de la recherche, car la présence de sources d'eau est rare.

5.2.2 Étape 2 - validation sur le terrain des meilleurs sites à aménager

Une validation sur le terrain est indispensable pour localiser précisément les sites propices qui ont les meilleures chances de succès et planifier l'aménagement le cas échéant.

Tel qu'indiqué à la section 4.2, il est toujours plus efficace d'agrandir, de restaurer ou d'améliorer des frayères déjà existantes que de concevoir de nouveaux habitats de fraie. Ainsi, l'observation de rassemblements de géniteurs pendant la période de fraie peut permettre d'identifier d'excellents endroits pour réaliser des aménagements. Par contre, les conditions climatiques (vent, vagues, pluie, etc.) rencontrées à l'automne rendent parfois difficiles ce type d'observation. De plus, il est habituellement préférable de réduire le nombre de visites et de réaliser les aménagements dans un court laps de temps durant l'été. Pour ces raisons, la meilleure période pour confirmer les sites potentiels retenus lors de l'évaluation préliminaire est durant les mois de juin à septembre.

Afin d'identifier les opportunités intéressantes d'aménagement de frayères, les informations suivantes doivent être recueillies à la sortie de l'émissaire et à l'entrée des tributaires du lac lors de la visite sur le terrain :

- présence d'adultes, de jeunes ou d'alevins d'omble de fontaine;
- température des eaux plus froide;
- substrat qui n'est pas dominé par la matière organique et le sable;
- profondeur d'eau d'au moins 10 cm;
- pH des eaux inférieur à 8,5 et supérieur à 5,0; et
- présence d'obstacles naturels ou de pente importante pouvant accélérer le courant lors des crues et provoquer le déplacement du gravier d'une éventuelle frayère aménagée.

De plus, on accorde une attention particulière aux indices qui permettent de localiser les sources d'eau en lac, donc les sites offrant un bon potentiel d'aménagement de frayères. Il est essentiel de reconnaître les indices disponibles qui permettent de déceler la présence des sources d'eau. En parcourant la rive, les indices suivants peuvent aider à localiser les sources :

- présence d'adultes, de jeunes ou d'alevins d'omble de fontaine;
- changement brusque de la granulométrie du lit;
- zone d'apparence nettoyée;
- algues submergées très localisées contrastant avec le milieu avoisinant;
- petite dépression à l'intérieur de la rive qui donne parfois l'impression de l'arrivée d'un tributaire;
- suintement de la rive;
- ruissellement des eaux à travers le milieu forestier;
- écoulement souterrain perceptible à l'oreille;
- présence dans la bande riveraine d'arbres tolérants à l'eau (p. ex. *Thuya occidentalis*); et
- faible profondeur d'eau.

Lorsque l'on a réuni plusieurs de ces indices, la confirmation définitive de la présence d'une source d'eau se fait en mesurant la température de l'eau à l'aide d'un thermomètre. Ainsi, on compare la température des eaux du lac à celle de la source dont l'écart est important en période estivale, soit entre 5 et 10 °C.

Une fois les sources d'eau localisées, on doit s'assurer que le pH est satisfaisant pour la survie des œufs (5,0 à 8,5) et que la profondeur d'eau est suffisante (>10 cm) pour permettre aux géniteurs d'utiliser le site et aux œufs de se développer. La combinaison de ces conditions du milieu indique que le site est propice pour l'aménagement d'une frayère.

5.3 AMÉNAGEMENT DE FRAYÈRES

Pour l'aménagement de frayères en lac, il est recommandé d'agrandir, de restaurer ou d'améliorer des frayères existantes avant de concevoir de nouveaux habitats de fraie ce qui augmente les chances que l'aménagement soit utilisé. Il est recommandé de réaliser les aménagements tels que décrits ci-dessous.

- Excaver le littoral sur 15 à 30 centimètres de profondeur afin d'y insérer le substrat de fraie. Comme en cours d'eau, l'épaisseur du gravier requis est légèrement plus élevée que la profondeur d'excavation réalisée (Figures 2 et 3).
- Favoriser les endroits où le littoral à sa jonction avec la rive comporte des abris potentiels pour les poissons.

- Si un nettoyage du littoral est requis, accorder une attention particulière à la conservation des abris pour le poisson et au couvert de protection provenant de la rive (arbres tombés).
- Utiliser du gravier rond de un à six centimètres de diamètre qui provient d'un dépôt fluviatile et qui est exempt de sédiments fins. Les forces hydrauliques présentes au site de l'aménagement déterminent le calibre du gravier qui est utilisé.
- Éviter l'utilisation d'une membrane géotextile entre le lit et le gravier, même si le substrat du littoral est fin. L'utilisation d'une membrane nuit à la libre circulation de l'eau et favorise le colmatage du gravier.
- Limiter la superficie de l'aménagement de la frayère à la zone sans accumulation de sédiments fins ou de matières organiques.
- Localiser les frayères à aménager dans le panache de diffusion des eaux froides des sources, au point de transition entre les milieux lentiques et lotiques, soit dans le panache de décélération du courant à l'embouchure des tributaires et là où le courant accélère dans l'émissaire. Le site d'aménagement doit être exempt de matières organiques et de sédiments fins, particulièrement dans les tributaires.

6 CONCLUSION

Le succès d'un aménagement d'habitat pour le poisson est intimement lié à la qualité de la planification et de la conception des aménagements et des interventions réalisées. La négligence de certains éléments clés peut mettre en péril la pérennité des structures installées dans le milieu aquatique. Les recommandations présentées dans ce document ont comme objectif de partager l'expérience acquise dans le cadre de centaines de projets afin d'augmenter les chances de succès des aménagements réalisés au Québec.

Au cours des deux dernières années, les recommandations décrites dans ce document ont été discutées avec différents intervenants en environnement, en biologie, en géomorphologie et en ingénierie et utilisées avec succès par plusieurs concepteurs de projets.

Par ailleurs, ce document se veut évolutif, car les auteurs considèrent que la bonification de celui-ci sera nécessaire au fur et à mesure que de nouvelles approches seront développées et que de nouvelles connaissances seront acquises lors des suivis du succès des aménagements. En effet, ils existent d'autres techniques d'aménagement de l'habitat de l'omble de fontaine que celles qui y sont décrites qui permettent d'obtenir de bons résultats.

7 REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce rapport. Tout particulièrement, nous remercions Guy Michaud, Alain Guitard, Simon Trépanier, Marie Gaulin et Mathieu Leclerc de la Gestion de l'habitat du poisson du MPO. Nous soulignons également la contribution d'Isabelle Arseneault à l'édition du document. Finalement, nous tenons à remercier Joanne Marchesseault du parc national du Lac-Témiscouata et Martin Arvisais du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs pour la révision du rapport.

GLOSSAIRE

Débit plein bord (DPB)
Débit de crue recouvrant le chenal actif du cours d'eau immédiatement avant le débordement de la ligne de niveau d'eau qui délimite l'écotone riverain et le milieu terrestre. Le DPB est déterminé généralement selon des indices physiques d'écoulement des eaux comme les racines dénudées, un changement abrupt dans la pente du littoral ou la présence de marque d'érosion.

Dénudé humide
Milieu humide présentant peu d'arbres ou d'arbustes.

Dénudé sec
Milieu sec présentant peu d'arbres ou d'arbustes.

Faciès d'écoulement - faciès morphodynamique - Partie de cours d'eau présentant une physionomie homogène sur le plan de la profondeur d'eau, des vitesses et du substrat.

Jet plongeant
Chute d'eau qui perd son contact avec le lit du cours d'eau. Ce type de jet est rencontré lorsque le niveau d'eau en aval est situé en dessous du niveau d'eau en amont en période de débit moyen.

Jet de surface
Chute d'eau qui reste en contact permanent avec le lit du cours d'eau. Ce type de jet est rencontré lorsque le niveau d'eau en aval est situé presque à égalité du niveau d'eau en amont en période de débit moyen.

Ligne naturelle des hautes eaux
La ligne qui sert à délimiter le littoral et la rive des cours d'eau et des lacs c'est-à-dire à l'endroit où l'on passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une prédominance de plantes terrestres ou, s'il n'y a pas de plantes aquatiques, à l'endroit où les plantes terrestres s'arrêtent en direction du plan d'eau.